

MONITORAMENTO DE UM CULTIVO HIDROPÔNICO ATRAVÉS DE UM CIRCUITO DE AUTOMAÇÃO E CONTROLE

Adalberto José de Brito Neto¹
João Carlos de Magalhães Lima²
José Velloso Pimentel Filho³
José Ronaldo A. de Carvalho⁴
Edson Du Bois Struminski⁵
Fabiano dos Santos Brião⁶

Engenharia Mecatrônica



ISSN IMPRESSO 1980-1777
ISSN ELETRÔNICO 2357-9919

RESUMO

Um sistema de automação foi desenvolvido para o controle das condições ambientais em um cultivo hidropônico, e que permite os seguintes monitoramentos: pH da solução nutritiva; temperatura do ambiente; temperatura da solução nutritiva; condutividade elétrica da solução nutritiva; nível da solução em ambos os reservatórios de nutriente e a umidade no substrato. Além dos monitoramentos citados, também podem ser feitos o controle do pH, da condutividade elétrica da solução nutritiva e umidade, de forma autônoma sendo por meio de um micro controlador. Com a utilização deste sistema, procura-se diminuir a intervenção humana na coleta de dados e no manejo do cultivo hidropônico, reduzindo os trabalhos repetitivos e os erros que normalmente acompanham estas atividades. Todo o equipamento foi desenvolvido pensando em uma maior simplicidade para facilitar a manutenção e reduzir os custos.

PALAVRAS-CHAVE

Hidroponia. Automação. Sustentabilidade.

ABSTRACT

An automation system is designed to control the environmental conditions in a hydroponic system, which allows the following monitoring: pH of the nutrient solution; ambient temperature; temperature of the nutritive solution; electrical conductivity of the nutritive solution; solution level in both reservoirs nutrient and moisture in the substrate. In addition to these monitoring can also be made the control of pH, electrical conductivity of the nutrient solution and humidity autonomously and through a micro-controller. By using this system, it seeks to reduce human intervention in data collection and management of hydroponic cultivation, reducing repetitive tasks and errors that usually accompany these activities. All equipment was developed thinking of greater simplicity for easy maintenance and reduce costs.

KEYWORDS

Hydroponics. Automation. Sustainability.

1 INTRODUÇÃO

Apresentamos neste trabalho uma técnica de cultivo de plantas em meio hídrico, a hidroponia. Embora já conhecida a muitas décadas não está acessível a todos por inúmeros fatores, como por exemplo conhecimento técnico. Propomos um sistema hidropônico capaz de fazer os controles da água, temperatura, umidade e nutrientes entre outros, de forma autônoma, possibilitando o uso dos sistemas em intervenção humana. Dividimos este trabalho, começando com Hidroponia, logo após dissertamos sobre Sistemas Nutritivos e finalmente as conclusões.

1.1 HIDROPONIA

Hidroponia é uma técnica para o cultivo de plantas sem solo, em meio hídrico, onde as raízes recebem uma solução nutritiva balanceada que contém água e todos os nutrientes essenciais ao desenvolvimento da planta, podendo reduzir em até 70% a quantidade de água utilizada (SANTOS ET AL., 2013)

Há três séculos, iniciou-se o cultivo por hidroponia, quando John Woodward, tentava entender a maneira de como as plantas extraíam seus nutrientes do solo. Foi utilizando o cultivo em água que Woodward queria descobrir se as plantas faziam uso de água ou partículas sólidas do solo para se nutrir. Porém, pela falta de recursos tecnológicos presentes na época, o progresso das pesquisas ficou limitado. Apenas em 1804, com o avanço da química, os nutrientes puderam ser manipulados. A partir de então Nicolas de Saussure publicou os resultados de seus estudos, argumentando que vegetais precisavam de minerais para seu crescimento satisfatório (DOUGLAS, 1997).

Schubert (1981) relata que a hidroponia foi utilizada pelo exército norte-americano no ano de 1939 em bases militares para produção de verduras e legumes. Douglas (1997) aponta que embora estudos na área datem de séculos atrás, o primeiro uso comercial ocorreu no Canadá apenas em 1960, quando a produção de tomate foi devastada por doenças que atingiram o solo no local. Devido a este fato recorreu-se à hidroponia, usando a técnica de irrigação por gotejamento em bolsas de serragem. Os recentes avanços tecnológicos, também, ajudaram especialmente no desenvolvimento de plásticos e fertilizantes

No Brasil, tem crescido o interesse pela hidroponia nos últimos anos nos mais diversos seguimentos, como hortaliças folhosas, frutos e tubérculos, sendo bastante explorados no sistema Nutrient Film Tecnic (NFT). Boa parte da cultura em hidroponia não tem êxito, principalmente em virtude da falta de conhecimento dos produtores sob o aspecto nutricional das plantas neste tipo de cultivo, que necessita de formulação e dosagens precisas da solução nutritiva. Outros fatores que influenciam com igual relevância nos resultados relacionam-se com o tipo de sistema de cultivo. Os tipos de sistemas de hidroponia tem suas características e estruturas próprias (MORAES e FURLANI, 1999; FURLANI, 1999; MEDEIROS ET AL., 2002).

Segundo Alberoni (1998) o sistema hidropônico pode ser utilizado por proporcionar vantagens ao plantio, no entanto algumas desvantagens estão presentes neste sistema como podemos ver abaixo no Quadro 1.

Quadro 1 – Vantagens e desvantagens do sistema hidropônico

VANTAGENS	DESvantagens
Produção de melhor qualidade.	Maior investimento inicial.
Trabalho mais leve e limpo.	Necessidade de conhecimentos técnicos.
Não é necessária rotação de cultura.	Dependência de energia elétrica.
Alta produtividade e colheita precoce.	Uso de gerador de energia próprio.
A hidroponia se cultiva em meio limpo e sem o acúmulo de doenças.	Maior atenção com doenças por sua facilidade de disseminação.
Menor uso de agrotóxico.	
As plantas crescem em um ambiente controlado, livre de efeitos climáticos.	
Menor uso de mão-de-obra.	
Maior tempo de prateleira.	

Fonte: Figura adaptada de Alberoni (1998).

1.2 Solução nutritiva

A solução nutritiva é a parte mais notável do cultivo hidropônico, pois substitui uma das funções mais importantes do solo: a de fornecer nutrientes para o desenvolvimento da produção vegetal, exercendo uma função imprescindível na determinação da qualidade e desempenhando uma alta produtividade. No sistema hidropônico, os nutrientes são disponibilizados ao cultivares na forma de soluto, onde é preparado com sais fertilizantes ou adubos químicos. Diante de vários sais fertilizantes que fornecem os mesmos nutrientes para as plantas é preciso optar por aqueles fáceis de dissolver em água, no intuito de diminuir custos, associados a acessibilidade para obtenção no mercado. Os Quadros 2 e 3 apresentam alguns dos sais/fertilizantes mais usados como fontes de macronutrientes para o preparo de soluções nutritivas em hidroponia, sob a forma de macronutrientes e micronutrientes (DOUGLAS, 1997).

Quadro 2 – Concentração em adubos químicos usados no cultivo hidropônico (micronutrientes)

ADUBOS	COMPOSIÇÃO
bórax	11% de boro
ácido bórico	17% de boro
sulfato cúprico pentaidratado	25% de cobre
sulfato cúprico monoidratado	35% de cobre
quelatos de cobre	9-13% de cobre
sulfato de cobre	19% de ferro
sulfato ferroso	5-14% de ferro
quelatos de ferro	26-8% de manganês
quelato de manganês	12% de manganês
molibdato de sódio	39% de molibdênio
molibdato de amônio	54% de molibdênio
sulfato de zinco	20% de zinco
quelato de zinco	14-19% de zinco

Fonte: Figura adaptada de Douglas (1997).

Quadro 3 – Composição de alguns adubos químicos utilizados em hidroponia (macronutrientes)

SAL OU FERTILIZANTE	NUTRIENTE FORNECIDO	CONCENTRAÇÃO	CE (SOL,0,1%)	QUANTIDADE PARA PREPARAR 1MGL ⁻¹ DE CADA NUTRIENTE
		%	mS	G1.000L ⁻¹
Nitrato de potássio (13-0-44)	K N-NO ₃	36,5 13	1,28	2,74 7,69
Nitrato de Cálcio Hydro	Ca N-NO ₃ N-NH ₄	19 14,5 1,0	1,18	5,26 6,90 100,00
Magnitra-L-41% D=1,35	Mg N-NO ₃	6 7	0,50	16,67(12,35 mL) 14,29(10,59 mL)
Fosfato monoamônio (MAP) purificado (11-60-0)	N-NH ₄ P	11 26	0,95	9,09 3,85
Nitrato de amônio	N-NH ₄ N-NO ₃	16,5 16,5	1,50	6,06 6,06
Fosfato Monopotássico (MKP) (0-52-34)	K P	29 23	0,70	1,92 2,13
Cloreto de potássio (branco)	K Cl	52 47	1,70	1,92 2,13
Sulfato de potássio	K S	41 17	1,20	2,44
Sulfato de magnésio	Mg S	10 13	0,88	10,00 7,69
Ácido fosfórico 85%. D=1,7	P	46	1,00	2,18mL

Fonte: Figura adaptada de Douglas (1997).

De acordo com Teixeira (1996) não existe e não é possível criar uma solução nutritiva que seja em comum a todas as espécies de vegetais e condições de cultivo. Cada espécie vegetal necessita de uma quantidade específica de nutrientes.

Existem vários fatores a serem considerados na nutrição de plantas. Por exemplo: o estágio de crescimento; estação do ano; a espécie de planta cultivada, a alface precisa de mais nitrogênio que o tomate; parte da planta que será colhida; a temperatura e a intensidade de luz (FURLANI, 1999).

Segundo Furlani (1999), para que haja sucesso e bom desenvolvimento da cultura hidropônica se faz necessária uma constante manutenção da concentração de nutrientes na solução. Os principais elementos para o crescimento da planta devem sempre estar presentes na solução fornecida, respeitando uma amplitude de variação que se distancie da falta ou do excesso de minerais. Paralelo a esses cuidados com os elementos químicos, existem ainda dois fatores essenciais, responsáveis pelo absoluto sucesso na hidroponia: a condutividade elétrica e o pH da solução.

A condutividade elétrica determinada pela resistência que a água oferece à passagem de uma corrente elétrica é de suma importância, pois por meio desta taxa podemos determinar quanto adubo há ainda presente na solução, por meio da medição da quantidade de íons presentes ainda na solução. Quanto mais íons presentes na solução, menor será a resistência elétrica e naturalmente maior será sua condutividade. O pH (potência de hidrogênio) da solução nutritiva pode ser ácido, neutro ou básico (alcalino). Devendo se respeitar a tolerância dos vegetais aos pHs abaixo de 5,5 e acima de 6,5. Somente a solução considerada neutra é a ideal para o cultivo de vegetais, podendo oferecer sua máxima eficiência no crescimento das plantas (ALBERONI, 1998).

1.3 automação

A automação por sua vez é a aplicação de técnicas mecânico/eletrônicas para a execução de qualquer processo, especialmente o uso de robôs nas linhas de produção. A automação diminui os custos e aumenta produtividade (SOUZA, 2003).

Segundo Alberoni (1998) a automação na hidroponia tem como objetivo a redução de custos e de erros no controle da produção. Um controle correto dos processos em um sistema de cultivo hidropônico proporcionará ao final deste uma maior produtividade e melhor qualidade do seu produto.

Diversos sistemas de hidroponia automatizada já foram criados, em 1970 na Inglaterra a Técnica de Fluxo Laminar de Nutrientes, do inglês *Nutrient Film Technique* (NFT), essa técnica que é a mais difundida no Brasil e no mundo, funciona com uma fina lâmina de solução nutritiva que percorre ao longo do canal de cultivo e o sistema radicular da planta fica parcialmente submerso, absorvendo os nutrientes (MORAES e FURLANI, 1999).

Outras técnicas como o Sistema de Pavio, Sistema de Leito Flutuante, Sistema de Gotejamento, Sistema Aeropônico e Sistema com Substratos também são muito utilizadas, algumas para cultivos específicos (BERNARDES, 1997, HYDOR, 2015).

2 METODOLOGIA

O conhecimento prévio sobre o assunto para o desenvolvimento deste artigo, foi fundamental para saber quais parâmetros deveriam ser controlados para automatizar uma horta hidropônica. Por meio de palestras, livros, artigos e também um curso sobre Hidroponia sustentável, ministrado pelo pesquisador Engenheiro Mário Calheiros de Lima, pioneiro na pesquisa e desenvolvimento na hidroponia no Estado de Alagoas. Formalizado, o projeto atenderá a solução do problema abordado anteriormente, com o controle do sistema.

Projetou-se no Solidworks, o desenho técnico do protótipo e usando técnicas de marcenaria, serralharia, hidráulica e pintura, confeccionou-se o aparato, de modo que acomodasse todos os dispositivos do sistema de automação hidropônica.

A partir do design criado no computador, iniciou-se a etapa de escolha e configuração dos sensores, onde paralelamente se desenvolveu e confeccionou o circuito, projetado e testado no software "Proteus 8 Professional". Fez-se uso de microcontroladores, com suas portas lógicas de I/O, para receber as informações geradas pelos sensores de umidade, por meio das portas de entrada. Com essa informação, o microcontrolador processou e executou ações, acionando por meio de pulsos, os dispositivos reguladores de correção do sistema, usando as portas de saída.

O protótipo assumiu a seguinte descrição técnica: Para receber a semente germinada, usamos três tubulações com 10 cm de diâmetro e 70 cm de comprimento, com aberturas de 10 cm de diâmetro, espaçadas 10 cm uma das outras, dispostas numa base de diâmetro 10 cm, as mesmas detêm uma inclinação de 5° sendo usadas para receber o substrato, material esse, usado para absorção da água, com os nutrientes responsáveis pela alimentação da planta.

Para armazenar e preparar a água, temos cinco reservatórios que estão dispostos no ambiente, onde quatro estão abaixo da horta e o quinto na parte traseira sobre a horta. O primeiro abaixo da horta, ficará com as soluções concentradas dos nutrientes, o segundo e terceiro abaixo da horta, será usado para ficar com as soluções de correção de pH^+ e pH^- e o último abaixo da horta será usado para armazenar a água, devidamente monitorada por meio de sensores de pH e condutividade, responsáveis pela coleta das informações, que servirão de parâmetros para as futuras correções. Ainda nesse reservatório, por meio de uma mangueira canalizada das tubulações, receberá o retorno do excesso da solução nutritiva disposta no substrato e por meio de um sensor de nível, manter-se-á sempre a quantidade ideal da solução preparada.

O último reservatório, disposto na parte traseira das tubulações, acima 2,5 cm, terá acoplado três válvulas reguláveis de evasão de água, apontados para uma abertura em cada tubulação, que ficará a cargo da quantidade de água tratada, que deverá ser disponibilizada para o sistema. Nesse mesmo recipiente teremos um sensor de nível, responsável em manter sempre na quantidade ideal de água, acionando uma bomba de água sempre que atingir um nível previamente calculado (Figura 1).

Figura 1 – Sistema hidropônico SMARTHORTA



Fonte: Acervo do autor.

Diversos fatores processuais como iluminação, temperatura e umidade do ambiente, umidade do substrato e concentrações dos nutrientes, serão controlados eletronicamente e de forma autônoma irá fazer correções para adequar e melhorar cultivo, atendendo a proposta de acordo com as necessidades viáveis.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Para manter o sistema funcionando perfeitamente é necessário conservar a umidade do substrato em condições favoráveis. Entre outros fatores que influenciam diretamente na umidade do substrato está a temperatura do ambiente. Diante desta observação foi analisada a umidade relativa do substrato por 13 dias, em três horários distintos no mês de agosto de 2015 (Quadro 4).

Quadro 4 – Umidade relativa do substrato no ambiente da SMARTHORTA

AGOSTO 2015		1° dia	2° dia	3° dia	4° dia	5° dia	6° dia	7° dia	8° dia	9° dia	10° dia	11° dia	12° dia	13° dia
Horários	9h	69%	58%	58%	67%	70%	63%	64%	69%	63%	62%	67%	64%	67%
	13h	58%	53%	51%	52%	60%	55%	59%	50%	60%	58%	64%	63%	65%
	19h	63%	60%	69%	66%	65%	68%	62%	69%	65%	66%	70%	67%	69%

Fonte: acervo do autor.

Com a amostra de 13 dias das umidades coletadas, as estatísticas mostram que há grande variação de umidades com médias e desvios padrões amostrais significativas para o cultivo. Esses resultados demonstram que um sistema automatizado deve ser elaborado para inferir com máxima precisão os fatores que determinam o melhor cultivo possível. A amostra de 13 dados é uma simples análise que já esclarece que há necessidade de estudos mais concisos, que podemos ver nos resultados do Quadro 5.

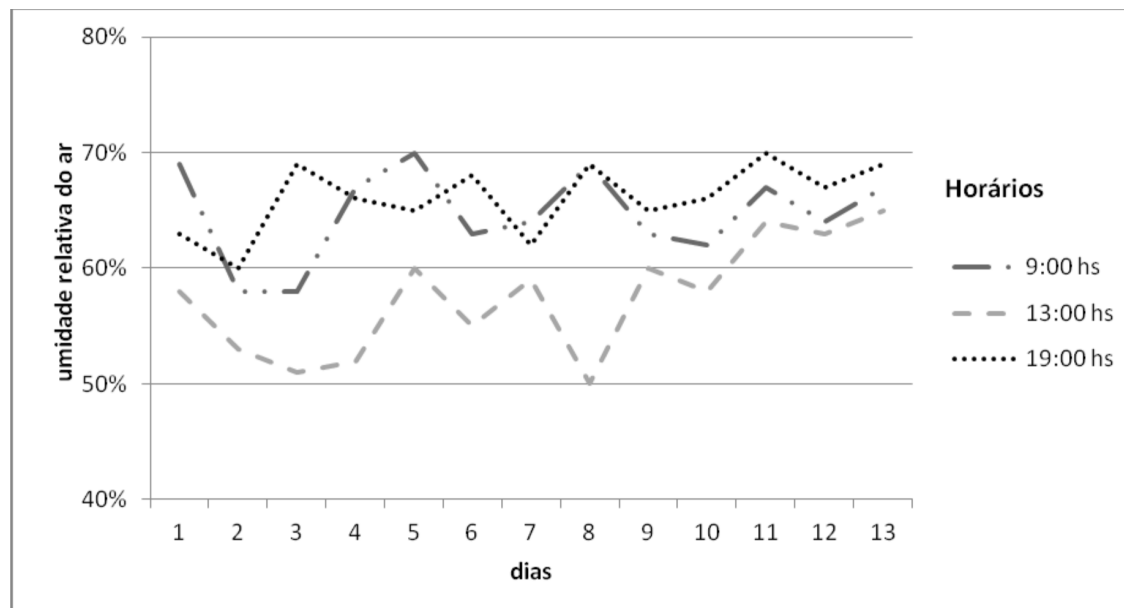
Quadro 5 – Médias e desvios padrões amostrais de 13 temperaturas em três horários no mês de agosto de 2015 no ambiente da SMARTHORTA

ESTATÍSTICAS HORÁRIOS	MÉDIA	DESVIO PADRÃO
09h00min	65%	0,039%
13h00min	58%	0,05%
19h00min	66%	0,03%

Fonte: acervo do autor.

A seguir temos o gráfico de linhas que mostra com mais clareza a variação da umidade relativa do substrato no ambiente da SMARTHORTA nos 13 dias analisados sob os horários de 9h, 13h e 19h. Visualmente já concluímos que os horários de 9 e 19 horas possuem dados mais homogêneos, enquanto que o horário de 13h possui valores de umidade mais dispersos (Figura 2).

Figura 2 – Percentuais de umidades relativas do ar no ambiente da SMARTHORTA



Fonte: acervo do autor.

4 CONCLUSÃO

Com um controle preciso do ambiente de desenvolvimento das plantas, proporcionamos a condição ideal para que a mesma se desenvolva livre de pragas comuns as hortas convencionais, inibindo assim, o uso de agrotóxicos.

Embora a hidroponia, agora automatizada, apresente um custo considerável, as vantagens estarão localizadas na sustentabilidade relacionada ao uso de pouca água, que a médio/longo prazo irá se provar viável, tendo em vista que a economia pode ser de até 70%, comparando-se a uma cultura convencional e 20% mais econômica, comparada com uma cultura hidropônica não automatizada.

Percebeu-se que o controle da umidade relativa do substrato, influenciou diretamente no crescimento das hortaliças e a necessidade de um controle mais robustos com dados de séries temporais e técnicas estatísticas, deve ser utilizado no modelo matemático computacional para controlar os fatores processuais.

REFERÊNCIAS

ALBERONI, R. B. **Hidroponia. Como instalar e manejar o plantio de hortaliças dispensando o uso do solo – alface, rabanete, rúcula, almeirão, chicória, agrião.** São Paulo: Nobel, 1998.

DOUGLAS, J. S. **Hidroponia cultura sem terra.** 6.ed. São Paulo: Nobel, 1997.

FURLANI, P. R.; SILVEIRA, L. C. P.; BOLONHEZI, D.; FAQUIM, V. **Cultivo hidropônico de plantas.** Campinas: Instituto Agrônomo, 1999.

HYDOR – **O mundo da hidroponia.** Disponível em: <<http://www.hydor.eng.br>>. Acesso em: março de 2015.

MEDEIROS, C. A. B.; ZIEMER, A. H.; DANIELS, J.; PEREIRA, A. S. **Produção de sementes pré-básicas de batata em sistemas hidropônicos.** Horticultura Brasileira, Brasília, v.20, n.1, 2002. p.110-114

MORAES, C. A. G.; FURLANI, P. R. Cultivo de hortaliças de frutos em hidroponia em ambiente protegido. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.20, n.200/2001, 1999. p.105-113.

SANTOS, J. D. *et al.* Development of a vinasse nutritive solution for hydroponics. **Journal of Environmental Management**, v.114, 2013. p.8-12.

SCHUBERT, M. **Manual prático de hidrocultivo.** Barcelona: Omega S.A., 1981.

SOUZA, A. J.; OLIVEIRA, L. C. **Automação industrial**. Natal: DCA-UFRN, 2003.

TEXEIRA, N. T. **Hidroponia**: uma alternativa para pequenas áreas. Guaíba: Agropecuária, 1996.

Data do recebimento: 19 de junho 2015

Data de avaliação: 24 de julho 2015

Data de aceite: 27 de agosto 2015

-
1. Graduando do Curso de Engenharia Mecatrônica do Centro Universitário Tiradentes. E-mail: betobrito@gmail.com
 2. Graduando do Curso de Engenharia Mecatrônica do Centro Universitário Tiradentes. E-mail: johnyelima@gmail.com
 3. Graduando do Curso de Engenharia Mecatrônica do Centro Universitário Tiradentes. E-mail: vellosopimentel@hotmail.com
 4. Graduando do Curso de Engenharia Mecatrônica do Centro Universitário Tiradentes. E-mail: jronaldoac@hotmail.com
 5. Professor do Curso de Engenharia Mecatrônica do Centro Universitário Tiradentes. E-mail: duboisedson@gmail.com
 6. Professor do Curso de Engenharia Mecatrônica do Centro Universitário Tiradentes. E-mail: fabianobriao@gmail.com